

# 콘크리트 구조물의 균열원인과 제어대책

윤상문 / 연구개발부 대리

**콘** 크리트에서의 균열은 위험을 예시하거나 구조물의 응력집중을 완화하는 긍정적인 면도 있지만, 구조물의 내력을 감소시키거나 미관을 해치고 궁극적으로 내구성을 감소시켜 구조물의 수명을 단축시키는 등 부정적인 요소가 더 많다.

균열은 여러 원인에서 기인되지만 구조물의 형식(예를 들어 벽식구조인가, 라멘구조인가, 아니면 삼풍백화점과 같은 평판구조물인가)과 균열의 원인에 따라 균열의 의미는 달라진다. 균열에 대한 정확한 평가와 적절한 보수보강의 조치를 취하기 위해서는 균열발생의 원인과 균열 형상이 나타내는 의미를 정확히 파악할 수 있어야 할 것이다.

본고는 ACI Committe 224의 보고서 'Causes, Evaluation and Repair of Crack in Concrete Structures'를 참고하여, 균열의 발생원인과 원인별 균열제어 방법을 기술하여 균열이 나타내는 의미를 파악할 수 있는 기초지식에 도움이 되고자 하였다.

## 균열의 원인과 제어

본장에서는 콘크리트 구조물에 발생하는 균열의 원인을 경화전의 균열과 경화후의 균열로 구분하여 균열의 발생원인과 균열제어 방법을 간략하게 설명하기로 한다.

### 1. 경화전 콘크리트의 균열

#### 1) 소성수축에 의한 균열

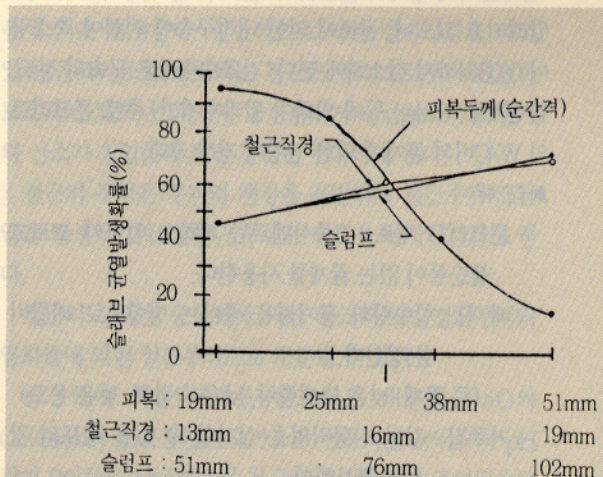
콘크리트가 완전히 경화되기 전에 급격한 건조로 수분이 빠져 나가면 체적이 줄어들어 소성수축 균열이 발생하며, 이는 공기량과 온습도, 표면의 바람속도 등과 관계가 있다. 즉 표면에서 수분증발이 급속하게 진행되면 내부와 표면의 용적차이가 생겨 소성상태에 있는 콘크리트가 수

축하면서 발생하는 균열이다.

▶ **대책** - 특히 고온건조한 기후에서는 급속한 증발을 막아야 한다. 살수양생이나 표면보호용 덮개를 사용하면 개선될 수 있다. 또한 타설후 바람막이 설치 등도 유용한 방법이다.

#### 2) 침하균열

콘크리트 타설후 진동다짐이나 마감용 흙손질이 있을 후에 콘크리트는 자중에 의해 압밀(Consolidation)이 시작된다. 이 경화과정에서 콘크리트는 철근에 의해 자연스러운 압밀작용이 방해받게 되어 철근주변에 공극이나 균열이 발생하게 된다. 이러한 침하균열은 철근의 직경이 클수록, 슬럼프가 클수록 또한 피복이 얇을수록 더 많이 발생



(그림 1) 침하균열과 철근직경, 슬럼프, 피복과의 관계 (Dakhil 외, 1975)

하게 된다.(그림 1).

▶ **대책** - 침하균열은 진동다짐이 불충분하거나 거푸집의 강성이 약해 변형이 크게 되면 심화되기 때문에 적절한 다짐과 강성이 확보된 거푸집을 설치함으로써 방지할 수 있다. 또한 (그림 1)에서 나타나듯이 철근직경과 슬럼프, 피복두께 등도 영향을 미치므로 고려하여야 한다. 특히 진동다짐이 있는 후에 일정시간이 경과한 후에 재진동 다짐(Revibration)을 하면 침하균열을 방지할 수 있다.

## 2. 경화된 콘크리트의 균열

### 1) 건조수축

시멘트 페이스트에 함유하고 있는 수분중 반응하지 않고 남은 수분이 건조되면서 체적이 줄어들어서 생기는 균열이다. 전체 콘크리트가 아무런 구속을 받지 않고 동일한 조건으로 건조수축한다면 균열은 발생하지 않겠지만, 내외부의 건조수축차이와 외적구속에 의해 인장응력이 유발되어 균열이 발생한다.

시멘트 페이스트의 경우 최대 1%까지 수축하는 것으로 알려지고 있으나, 골조에 의한 내적구속에 의하여 축소량이 0.06%까지 감소하게 된다. 건조수축량은 구속의 정도, 탄성계수, Creep 등에 의하여 달라지지만, 주로 콘크리트의 W/C비와 골재에 의한 영향이 가장 크다.

### ▶ 대책

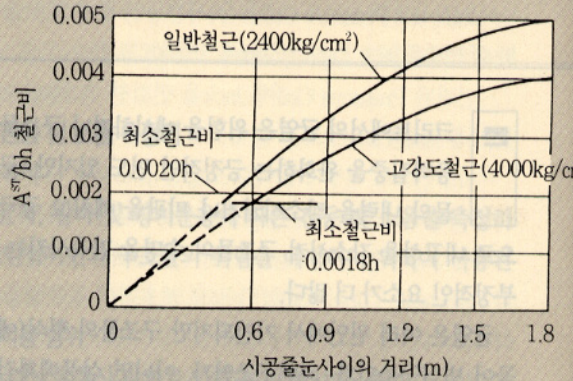
- 콘크리트 재료 : 3종시멘트는 피하고 입도가 고르고 불순물이 없는 골재를 사용한다.

- 배합 : 함수량과 공기량을 줄이는 방향으로 배합비를 정한다.

(큰 골재, 낮은 모래함량, 낮은 슬럼프, 낮은 온도)

- 거푸집 : 강한 진동작업을 실시할 수 있을 정도의 강성을 확보한다.

- 기타 : 콘크리트가 구속을 받지 않도록 이격시키는 마감계획을 하는 등의 마감상세를 잘한다. 또한 수축띠를 설치하거나 배근량을 조절하는



(그림 2) 철근비에 의한 줄눈설치 간격

(표 1) 균열폭을 0.3mm(0.1mm)이하로 제한하기 위한 철근비(%)<sup>2</sup>

철근	콘크리트 강도 (kg/cm <sup>2</sup> )		
	180	210	270
D 6	0.40 (0.60)	0.43 (0.72)	0.45 (0.74)
D10	0.49 (0.87)	0.52 (0.92)	0.55 (0.97)
D13	0.57 (0.99)	0.60 (1.05)	0.63 (1.10)
D16	0.64 (1.10)	0.67 (1.17)	0.71 (1.22)

것도 하나의 방법이 될 수 있다.(표 1) 참조

- 시공줄눈의 설치 : 시공줄눈의 설치간격에 대한 정확한 기준은 없으나 방수가 필요한 벽체의 줄눈 간격은 (그림 2)와 같다.<sup>1)</sup>

### 2) 온도응력

콘크리트 구조물에서의 온도변화는 수화열에 의한 것과 외기에 의한 것이 있는데, 이러한 온도변화로 체적변화가 생기고, 건조수축에서와 같은 이유(구속, 체적변화의 차이)로 인장응력과 균열이 발생한다.

구조체의 온도변화를 적게 하기 위하여 내단열보다는 외단열이 유리하며, 콘크리트 타설시에 주변의 온도와 콘크리트의 온도를 낮게 하면 수축에 의한 균열방지에 유리하다.

수화열에 의한 온도응력은 Mass 콘크리트에서 주로 발생하는 것으로 본고에서는 외기에 의한 온도 응력을 중심으로 기술하기로 한다.

콘크리트 구조체에서 온도변화로 인한 균열의 피해는 건조수축에 의한 체적감소와 중첩되기 때문에 온도의 증가로 인한 것보다는 온도감소에 의한 체적감소가 더 심각하다.

따라서 타설시에 주변의 온도와 콘크리트의 온도를 낮춤으로써 온도감소에 의한 콘크리트의 균열피해를 감소시킬 수 있다.

온도응력은 온도차이, 열팽창계수, 탄성계수 그리고 구속도에 따라 달라지며, 경화된 콘크리트의 열팽창계수는 골재의 종류, 물-시멘트비, 혼화제량, 온도범위, 재령 등에 따라 달라지지만, 보통의 경우에는  $1.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$  ( $5.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{F}$ ) 정도로 하는 것이 일반적이다.

▶ 대책 - 구조체의 온도변화를 적게 하기 위하여 내단열보다는 외단열이 유리하며, 온도변화의 차이가 클 것으로 예상되는 경우에는 Expansion Joint를 설치하여 온도에 의한 구조체의 이동을 자유롭게 하여야 한다. 또한 타설시에 주변의 온도와 콘크리트의 온도를 낮게 하면 수축에 의한 균열방지에 유리하다.

### 3) 화학 반응

콘크리트를 구성하는 재료(시멘트, 모래, 자갈, 기타 함유물)사이, 혹은 경화후 외적 접촉에 의한 유해한 화학반응에 의해서도 균열이 발생한다. 대표적인 것이 알카리 골재 반응으로 시멘트의 알카리 성분(Na,K)과 알카리 용해성 규산을 함유한 골재가 반응하여 팽창하는 현상을 말한다.

외적 접촉에 의한 화학반응으로는 용해성 반응을 하는 화학물질(산, 반응성염, 강알카리성 염기, 연수, 지방, 기름 등)이 콘크리트와 반응하여 시멘트 경화체를 가수분해하고, 석회암, 백운암계의 골재를 침식하는 현상이 있다.

▶ 대책 - 경화된 콘크리트가 습윤상태가 되지 않도록 해야 하며, 반응성골재의 사용을 피하고 저알카리형의 시멘트를 사용한다.

### 4) 기후

기후에 의한 것은 동결융해, 건조습윤의 반복 그리고 온도 증감에 의한 것이 있다. 이 중에서 가장 일반적으로 유해한 것은 동결융해에 의한 것으로, 시멘트 페이스트나 골재사이의 잔여수가 동결되면서 체적팽창을 일으켜 콘크리트 내부에 인장력을 유발시킴으로써 균열이 발생된다.

▶ 대책 - 물시멘트비를 작게 하는 것이 절대적으로 필요하다. 그외에 흡수율이 작은 골재를 사용한다거나, AE제를 사용하여 직경이 0.05mm에서 0.3mm이하의 기포를 분산시키는 것도 효과적이다.(기포량 3%~6%)

### 5) 철근부식

금속의 부식은 산소,수분 그리고 전자의 전기화학적 반응에 의해 발생한다. 일반적으로 약한 알카리성을 띠고 있는 콘크리트로 보호되는 철근은 부식으로부터 완전히 보호되어 있으나, 피복이 중성화되거나 균열사이로 습기와 산소가 침입하게 되면 철근은 부식하게 된다.

철근의 부식은 부피의 팽창을 유발하여 철근주위로 균열을 발생시키며, 심할 경우에는 피복을 탈락시키기도 한다.

철근의 부식은 중성화에 의한 콘크리트의 철근부식과 염화물에 의한 철근부식으로 구분될 수 있다.

중성화에 의한 부식은 콘크리트 내부의 CaO와 Ca(OH)<sub>2</sub>가 공기중의 CO<sub>2</sub>가스와 반응하여 공극수의 pH 값이 9이하로 낮아지면서 철근에 부식환경이 조성됨으로써 발생하는 것을 의미한다.

염화물에 의한 부식은 철근주위의 알카리층이 염화물에 의해 파괴되어 pH값이 감소되고 철근이 용해(Fe<sup>++</sup> +